

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

① RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

⑪ N° de publication :  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

2 749 397

⑫ N° d'enregistrement national : 96 07132

⑬ Int Cl<sup>6</sup> : G 01 R 31/36

⑭ DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

⑮ Date de dépôt : 04.06.96.

⑯ Priorité :

⑰ Date de la mise à disposition du public de la  
demande : 05.12.97 Bulletin 97/49.

⑱ Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du  
présent fascicule.*

⑲ Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

⑳ Demandeur(s) : SAT SOCIETE ANONYME DE  
TELECOMMUNICATIONS SOCIETE ANONYME —  
FR.

㉑ Inventeur(s) : SIMON JEAN JACQUES.

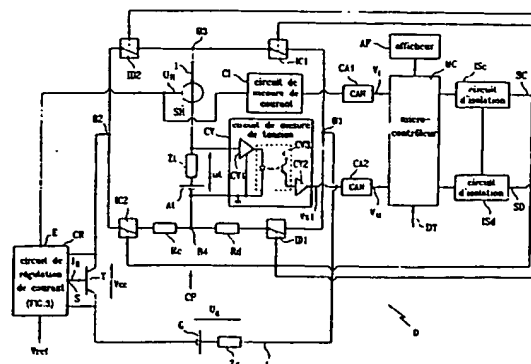
㉒ Titulaire(s) :

㉓ Mandataire : MARTINET ET LAPOUX.

㉔ PROCÉDE ET DISPOSITIF DE MESURE DE L'ÉTAT DE CHARGE D'UN ACCUMULATEUR.

㉕ L'état de charge d'un accumulateur ( $A_t$ ) est mesuré à partir des étapes suivantes lorsque l'état de charge est élevé: appliquer une impulsion de courant de charge constant à l'accumulateur, et mesurer la tension ( $U_t$ ) aux bornes de l'accumulateur à au moins un instant prédéterminé pendant l'impulsion de courant de charge. L'état de charge de l'accumulateur est mesuré quelle que soit sa valeur en réalisant les étapes supplémentaires suivantes: appliquer une impulsion de courant de décharge constant à l'accumulateur, et mesurer la tension ( $U_t$ ) aux bornes de l'accumulateur à au moins un instant prédéterminé pendant l'impulsion de courant de décharge.

L'état de charge d'un accumulateur est évalué même lorsque les caractéristiques d'admittance de ce dernier ne sont pas univoques.



FR 2 749 397 - A1



**Procédé et dispositif de mesure de l'état de charge  
d'un accumulateur**

La présente invention concerne un procédé de  
5 mesure de l'état de charge d'un accumulateur et un  
dispositif pour la mise en oeuvre du procédé. Plus  
particulièrement, la présente invention a trait à une  
mesure d'état de charge en appliquant une contrainte  
impulsionnelle à l'accumulateur.

10

La demande de brevet FR-A-2 685 780 divulgue un  
procédé de mesure de l'état de charge d'un générateur  
électrochimique selon lequel une impulsion de tension  
constante est appliquée à une batterie de façon à lui  
15 faire délivrer un courant de décharge. Une mesure  
dudit courant de décharge est effectuée immédiatement  
avant la fin de l'impulsion, ce qui permet de déduire  
l'admittance de la batterie et l'état de charge de  
celle-ci. Ce procédé n'est toutefois applicable que  
20 dans le cas où la caractéristique d'admittance  
interne de la batterie en fonction de l'état de  
charge est univoque, c'est-à-dire qu'à une admittance  
déterminée correspond un seul état de charge. Ceci ne  
se produit que pour des valeurs d'état de charge  
25 faibles. Pour des états de charge élevés, il n'est  
pas possible d'évaluer l'état de charge d'un  
accumulateur par ce procédé.

En outre, dans la pratique, la courbe  
caractérisant l'admittance d'un accumulateur en  
30 fonction de son état de charge est sensiblement  
linéaire pour des états de charge faibles, mais  
s'infléchit pour des états de charge plus élevés. A  
la figure 1, la courbe Cdch est un exemple de  
caractéristique d'admittance en fonction de l'état de  
35 charge d'un accumulateur de type nickel-cadmium

obtenue en appliquant à l'accumulateur un courant de décharge. L'admittance, outre le caractère non-bijectif de sa caractéristique, présente une faible sensibilité pour des états de charge supérieurs à 60%  
5 rendant l'évaluation de l'état de charge au moyen d'un courant de décharge peu précise.

La présente invention vise à remédier aux inconvénients précités en fournissant un procédé et  
10 un dispositif de mesure de l'état de charge d'un accumulateur qui soit plus précis pour des valeurs d'état de charge élevées et applicables quel que soit le courant impulsionnel.

15 A cette fin, un procédé de mesure de l'état de charge d'un accumulateur est caractérisé en ce qu'il comprend les étapes successives suivantes :

- appliquer une impulsion de courant de charge constant audit accumulateur, et
- 20 - mesurer la tension aux bornes dudit accumulateur à au moins un instant prédéterminé pendant ladite impulsion de courant de charge.

La caractéristique d'admittance en fonction de l'état de charge obtenue par l'application d'un  
25 courant de charge dans l'accumulateur présente en effet, comme montré par la courbe Cch à la figure 1, une sensibilité bien meilleure, pour des états de charge élevés, c'est-à-dire supérieurs à 60 % dans le cas d'un accumulateur nickel-cadmium, que la courbe  
30 d'admittance obtenue avec un courant de décharge.

Le procédé selon l'invention vise également à mesurer l'état de charge d'un accumulateur pour un courant impulsionnel quelconque à travers

l'accumulateur et quelle que soit la valeur de l'état de charge.

Ainsi, le procédé comprend en outre les étapes successives suivantes :

5        - appliquer une impulsion de courant de décharge constant audit accumulateur, et

         - mesurer la tension aux bornes dudit accumulateur à au moins un instant prédéterminé pendant ladite impulsion de courant de décharge.

10       L'utilisation des deux caractéristiques d'admittance, pour un courant de charge et un courant de décharge, permet de lever l'ambiguïté due à la non-bijectivité de ces deux courbes.

15       Afin de déterminer la réponse de l'accumulateur à l'impulsion de charge, l'étape de mesurer la tension aux bornes de l'accumulateur pendant l'impulsion de charge peut être effectuée à un instant précédant immédiatement l'instant de fin de  
20       ladite impulsion de charge.

         De façon analogue, l'étape de mesurer la tension aux bornes de l'accumulateur pendant l'impulsion de décharge peut être effectuée à un instant précédant immédiatement l'instant de fin de ladite impulsion de  
25       décharge.

         Afin d'évaluer l'admittance de l'accumulateur pour un courant de charge, le procédé peut comprendre une étape pour mesurer le courant traversant  
30       l'accumulateur à un instant proche de la moyenne des instants de début et de fin de ladite impulsion de charge.

         De même, le procédé peut comprendre une étape pour mesurer le courant traversant l'accumulateur à

un instant proche de la moyenne des instants de début et de fin de ladite impulsion de décharge.

Il est également souhaitable de pouvoir vérifier  
5 expérimentalement la réponse théorique en tension de l'accumulateur à une impulsion de courant de charge constant. Des étapes peuvent alors être prévues pour mesurer la tension aux bornes de l'accumulateur à un instant suivant immédiatement l'instant de début de  
10 ladite impulsion de charge et à un instant proche de la moyenne des instants de début et de fin de ladite impulsion de charge.

De manière comparable, le procédé peut comprendre des étapes pour mesurer la tension aux  
15 bornes de l'accumulateur à un instant suivant immédiatement l'instant de début de ladite impulsion de décharge et à un instant proche de la moyenne des instants de début et de fin de ladite impulsion de décharge.

20 Un dispositif pour la mise en oeuvre du procédé selon l'invention, pour mesurer l'état de charge d'un accumulateur à tester au moyen d'un générateur auxiliaire, est caractérisé en ce qu'il comprend

25 - un moyen pour appliquer une impulsion de courant de charge audit accumulateur à partir dudit générateur auxiliaire,

- un moyen pour réguler le courant traversant l'accumulateur à une valeur constante de manière à  
30 imposer un courant constant à l'accumulateur pendant ladite impulsion de charge, et

- un moyen pour mesurer la tension aux bornes de l'accumulateur à au moins un instant prédéterminé pendant ladite impulsion de charge.

Le dispositif peut comprendre en outre un moyen pour appliquer une impulsion de courant de décharge à l'accumulateur à partir dudit générateur auxiliaire. Le moyen pour réguler impose alors un courant constant à l'accumulateur pendant ladite impulsion de décharge. Le moyen pour mesurer mesure la tension aux bornes de l'accumulateur à au moins un instant prédéterminé pendant ladite impulsion de décharge.

Le générateur auxiliaire peut alimenter un circuit en pont formé par quatre branches latérales et une branche diagonale. La branche diagonale comprend l'accumulateur. Une première branche latérale comprend un premier interrupteur. Une seconde branche latérale comprend un second interrupteur et une résistance de décharge. Une troisième branche latérale comprend un troisième interrupteur et une résistance de charge. Une quatrième branche latérale comprend un quatrième interrupteur. Les première et troisième branches latérales forment alors ledit moyen pour appliquer une impulsion de courant de charge à l'accumulateur à partir dudit générateur auxiliaire et sont traversées, avec ladite branche diagonale, par un courant seulement pendant une impulsion de charge. Les seconde et quatrième branches latérales forment ledit moyen pour appliquer une impulsion de courant de décharge à l'accumulateur à partir dudit générateur auxiliaire et sont traversées, avec ladite branche diagonale, par un courant seulement pendant une impulsion de décharge.

Typiquement, ledit moyen pour réguler le courant traversant l'accumulateur comprend une sonde à effet Hall connectée en série avec l'accumulateur

produisant une tension de sortie dépendant du courant traversant l'accumulateur, un circuit de régulation recevant la tension de sortie de la sonde à effet Hall, et un transistor connecté en série avec le

5     générateur auxiliaire et dont le courant de base est commandé par le circuit de régulation en réponse aux variations du courant traversant l'accumulateur.

Afin de réguler le courant traversant

10    l'accumulateur pendant les impulsions de charge et les impulsions de décharge, c'est-à-dire indépendamment du sens du courant à travers l'accumulateur, le circuit de régulation peut comprendre en entrée un circuit redresseur produisant

15    une tension de sortie égale à la valeur absolue de la tension de sortie de ladite sonde à effet Hall.

Le circuit de régulation peut comprendre un

isolateur opto-électronique, de manière à isoler

20    galvaniquement des moyens de mesure de tension dans le circuit de régulation et le circuit de puissance comprenant l'accumulateur et le générateur auxiliaire.

Egalement à des fins d'isolation, le moyen pour

25    mesurer la tension aux bornes de l'accumulateur peut comprendre au moins un isolateur opto-électronique.

Le dispositif peut comprendre en outre un moyen, de préférence isolé galvaniquement de l'accumulateur

30    et du générateur auxiliaire, pour mesurer le courant traversant l'accumulateur.

D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront plus clairement à la

35    lecture de la description suivante de plusieurs



réalisations préférées de l'invention en référence aux dessins annexés correspondants dans lesquels :

- la figure 1 est un diagramme montrant deux courbes d'admittance d'un accumulateur de type nickel-cadmium en fonction de l'état de charge (capacité/capacité nominale) de ce dernier, déterminées en appliquant respectivement un courant de charge et un courant de décharge à l'accumulateur ;

10 - la figure 2 est un bloc-diagramme d'un dispositif de mesure de l'état de charge d'un accumulateur conforme à l'invention ;

- la figure 3 est un bloc-diagramme d'un circuit de régulation inclus dans le dispositif de mesure de la figure 2 ;

15 - la figure 4A est un chronogramme de signaux de commande de décharge et de charge délivrés par un microcontrôleur inclus dans le dispositif de mesure de la figure 2 ;

20 - la figure 4B est un chronogramme de la réponse en tension de l'accumulateur de la figure 2 à une impulsion de courant de décharge constant et une impulsion de courant de charge constant ; et

- la figure 5 est un algorithme d'un procédé de mesure de l'état de charge d'un accumulateur conforme à la présente invention.

En référence à la figure 2, un dispositif de mesure D pour mesurer l'état de charge d'un accumulateur électrique At à tester ayant une impédance interne Zt comprend, selon une première réalisation conforme à l'invention, un circuit en pont CP formé de quatre branches latérales et d'une branche diagonale, et un générateur électrique auxiliaire G, du type accumulateur. Le générateur G

délivre une tension  $U_g$  supérieure à la tension nominale de l'accumulateur  $A_t$  et présente une impédance interne  $Z_g$ . La tension  $U_g$  est typiquement égale à 12 Volts. La borne positive du générateur  $G$  est reliée à une première borne  $B_1$  du circuit en pont CP. Une seconde borne  $B_2$  du circuit en pont CP est reliée au collecteur d'un transistor  $T$ , de type bipolaire NPN. L'émetteur du transistor  $T$  est connecté à la borne négative du générateur auxiliaire  $G$ .

Une première branche latérale  $B_1-B_3$  du circuit en pont CP comprend un premier interrupteur  $IC_1$ . Une seconde branche latérale  $B_1-B_4$  est constituée par un second interrupteur  $ID_1$  et une résistance de décharge  $R_d$  en série. Une troisième branche latérale  $B_2-B_4$  inclut un troisième interrupteur  $IC_2$  et une résistance de charge  $R_c$  en série. Une quatrième branche latérale  $B_2-B_3$  comprend un quatrième interrupteur  $ID_2$ . La branche diagonale  $B_3-B_4$  comporte en série l'accumulateur à tester  $A_t$  et une sonde à effet Hall  $SH$ . Les interrupteurs  $IC_1$ ,  $ID_1$ ,  $IC_2$  et  $ID_2$  sont des transistors MOS.

La sonde à effet Hall  $SH$  applique une tension de sortie  $U_H$  à une entrée  $E$  d'un circuit de régulation de courant  $CR$ . Une sortie  $S$  du circuit  $CR$  est directement appliquée à la base du transistor  $T$ .

Le dispositif  $D$  comprend également un microcontrôleur  $MC$ , dont le rôle est de commander les interrupteurs  $IC_1$ ,  $ID_1$ ,  $IC_2$  et  $ID_2$  du circuit en pont CP et d'acquérir des signaux de données de mesure numériques  $V_I$  et  $V_U$  représentatifs respectivement du courant passant dans l'accumulateur  $A_t$  et de la tension aux bornes de ce dernier.

Le dispositif D génère des impulsions de courant constant de charge et de décharge dans l'accumulateur à tester At.

Pour générer une impulsion de charge, le  
5 microcontrôleur MC applique un signal de commande de charge SC mis à l'état "1" aux premier et troisième interrupteurs IC1 et IC2 et un signal de commande de décharge SD mis à l'état "0" aux second et quatrième interrupteurs ID1 et ID2, de manière à fermer les  
10 interrupteurs IC1 et IC2 et ouvrir les interrupteurs ID1 et ID2. Un courant I circule depuis la borne positive du générateur auxiliaire G, successivement à travers l'interrupteur IC1, la sonde à effet Hall SH, l'accumulateur At, la résistance de charge Rc,  
15 l'interrupteur IC2 et la jonction collecteur-émetteur du transistor T.

Pour générer une impulsion de décharge, le microcontrôleur MC met le signal de commande de charge SC à "0" et le signal de commande de décharge  
20 SD à "1", de manière à ouvrir les interrupteurs IC1 et IC2 et fermer les interrupteurs ID1 et ID2. Le courant I circule alors depuis la borne positive du générateur G à travers l'interrupteur ID1, la résistance de décharge Rd, l'accumulateur At, la  
25 sonde à effet Hall SH, l'interrupteur ID2 et la jonction collecteur-émetteur du transistor T.

Le courant I traversant l'accumulateur At se propage ainsi suivant deux sens opposés B3-B4 et B4-B3 dans la branche diagonale du circuit en pont CP pendant des impulsions de charge et décharge respectivement, mais suivant un seul sens à travers le transistor T, c'est-à-dire du collecteur vers l'émetteur. Grâce à la présence du circuit en pont CP, un seul circuit de régulation de courant CR est  
35 activé pour les deux types d'impulsion.

Lors d'une impulsion de courant de charge ou de décharge dans l'accumulateur At, l'intensité du courant I traversant l'accumulateur est maintenue constante par la sonde à effet Hall SH, le circuit de régulation CR et le transistor T. La sonde à effet Hall SH transforme le courant I traversant l'accumulateur At en la tension  $U_H$  proportionnelle à l'intensité du courant I. La tension  $U_H$  est appliquée à l'entrée E du circuit de régulation CR. Le circuit CR fournit un courant de régulation  $I_R$  à la base du transistor T dépendant de la tension  $U_H$  et d'une tension de référence positive  $V_{ref}$ . Le courant de régulation  $I_R$  varie afin de réguler le courant de collecteur du transistor T, et réguler ainsi le courant I traversant l'accumulateur à une valeur de courant constante  $I_0$  proportionnelle à la tension de référence  $V_{ref}$ .

Les résistances de charge  $R_c$  et de décharge  $R_d$  sont choisies de façon que le transistor T fonctionne sensiblement en correspondance avec le milieu d'un segment limité par deux points d'intersection entre la droite de charge du transistor et les deux axes de coordonnées dans la caractéristique de courant collecteur en fonction de la tension collecteur-émetteur  $V_{ce}$  du transistor. Le transistor est typiquement polarisé dans la zone de saturation de la caractéristique précitée.

Le circuit de régulation de courant CR montré à la figure 3 est une boucle de contre-réaction comprenant un circuit capteur de courant 1, un soustracteur 2, un circuit de correction d'erreur 3, un additionneur 4, un isolateur opto-électronique 5 et un amplificateur de puissance 6. Le circuit capteur de courant 1 inclut essentiellement un

adaptateur d'impédance 10, un circuit redresseur 11 et un amplificateur non-inverseur 12.

La tension de sortie  $U_H$  de la sonde à effet Hall SH est appliquée, à l'entrée E du circuit CR, à l'adaptateur d'impédance 10. L'adaptateur d'impédance 10, constitué par un amplificateur opérationnel avec une simple rétroaction négative comme montré à la figure 3, fournit une tension  $U_{mes}$  égale à la tension  $U_H$ . L'impédance d'entrée du circuit 10 est très grande de sorte que très peu de courant issu de la sonde à effet Hall SH entre dans le circuit de régulation CR. Le circuit redresseur 11 délivre en sortie une tension  $|U_{mes}|$  égale à la valeur absolue de la tension d'entrée  $U_{mes}$  afin de s'affranchir du signe de cette dernière tension. Le circuit redresseur 11 fournit ainsi une tension toujours positive à l'amplificateur 12 quel que soit le sens du courant I à travers l'accumulateur At. L'amplificateur 12 amplifie la tension  $|U_{mes}|$  en une tension positive  $V_{mes}$  appliquée à une entrée positive du soustracteur 2.

Une entrée négative du soustracteur 2 reçoit la tension de référence  $V_{ref}$  proportionnelle au courant  $I_0$  que l'on souhaite imposer à travers l'accumulateur At pendant les impulsions de charge et décharge. Le signal de sortie ( $V_{mes} - V_{ref}$ ) du soustracteur 2 est transmis au circuit de correction d'erreur 3. Ce dernier est un correcteur classique du type proportionnel-intégral, dit également correcteur PI. La fonction de transfert du correcteur PI est typiquement la somme de celle d'un amplificateur inverseur et de celle d'un intégrateur.

La sortie du circuit de correction d'erreur 3 est reliée à l'additionneur 4 qui délivre une tension de sortie  $V_s$  égale à la somme de la tension de sortie

du circuit de correction d'erreur 3 et d'une tension de polarisation positive prédéterminée  $V_{pol}$ . La tension  $V_{pol}$  est ajustée de manière à rendre le transistor T passant et produire à travers l'accumulateur At un courant proche du courant  $I_0$  que l'on souhaite imposer pendant les impulsions de charge et décharge.

La sortie de l'additionneur 4 est reliée à l'isolateur opto-électronique 5, et en particulier à l'anode d'une diode électroluminescente D à travers une résistance R1. La cathode de la diode D est mise à la terre. La diode électroluminescente D, parcourue par le courant de sortie  $I_s$  de l'additionneur 4 éclaire la jonction base-émetteur d'un phototransistor bipolaire NPN Tph créant ainsi un courant de base variable  $I_b$  sur la base du phototransistor dépendant du courant  $I_s$ . Le collecteur du phototransistor Tph est relié directement au collecteur du transistor T. L'émetteur du transistor Tph est relié à l'émetteur et à la base du transistor T respectivement à travers une résistance R2 et à travers l'amplificateur de puissance 6. L'isolateur opto-électronique 5 assure une isolation galvanique entre l'additionneur 4 et l'amplificateur de puissance 6, et donc entre l'entrée E de la boucle de contre-réaction et la sortie de celle-ci matérialisée par le transistor T.

L'amplificateur de puissance 6 a pour rôle d'amplifier le courant de collecteur du phototransistor Tph et produire un courant de régulation  $I_R$  suffisamment élevé sur la base du transistor T. Le circuit 6 comporte un transistor bipolaire NPN T1 dont la base est reliée à l'émetteur du phototransistor Tph, le collecteur est relié aux collecteurs du phototransistor Tph et du transistor

T, et l'émetteur est connecté à travers une résistance R3 à l'émetteur du transistor T. En variante, l'amplificateur de puissance 6 comprend plusieurs transistors bipolaires en cascade reliés l'un par rapport à l'autre de la même manière que le transistor T1 par rapport au phototransistor Tph.

Ainsi, lors d'une impulsion de courant de charge dans l'accumulateur At commandée par le microcontrôleur MC, le courant I à travers l'accumulateur a tendance à diminuer pendant l'impulsion du fait de la charge de ce dernier. Le soustracteur 2 produit alors une tension de sortie négative, ce qui accroît les tensions de sortie du correcteur d'erreur 3 et de l'additionneur 4 et le courant  $I_B$  sur la base du phototransistor Tph, et augmente ainsi le courant I de manière à le ramener à la valeur  $I_0$ .

Inversement, lors d'une impulsion de courant de décharge dans l'accumulateur At, le courant à travers l'accumulateur a tendance à augmenter pendant l'impulsion. Le soustracteur 2 produit alors une tension de sortie positive, ce qui décroît la tension  $V_s$  de sortie de l'additionneur 4 et le courant  $I_B$  sur la base du phototransistor Tph et diminue ainsi le courant I pour le ramener à la valeur  $I_0$ .

Le dispositif de mesure d'état de charge d'accumulateur D comprend en outre un circuit de mesure de courant CI et un circuit de mesure de tension CV, comme montré à la figure 2. Des signaux analogiques de tension sortant des circuits CI et CV sont fournis à des convertisseurs analogiques-numériques CA1 et CA2 respectivement, qui transforment ces signaux en les signaux de données de

mesure numériques  $V_I$  et  $V_U$  à acquérir et traiter par le microcontrôleur MC.

Le circuit de mesure de tension CV a pour rôle de produire une tension de sortie  $V_{s1}$  égale à la tension  $U_t$  aux bornes de l'accumulateur At, et d'isoler galvaniquement l'accumulateur du microcontrôleur MC. Le circuit CV est par exemple constitué de deux amplificateurs-adaptateurs d'impédance CV1 et CV2 dont l'entrée de l'un est reliée à l'accumulateur At et la sortie de l'autre est reliée au convertisseur CA2, et d'un isolateur opto-électronique CV3 isolant galvaniquement les deux amplificateurs CV1 et CV2.

Le circuit de mesure de courant CI est, selon une première variante, identique au circuit adaptateur d'impédance 10 représenté à la figure 3. Selon une seconde variante, le circuit CI est confondu avec l'adaptateur d'impédance 10 et la tension  $U_{mes}$  récupérée pour être transmise directement au convertisseur analogique-numérique CA1, comme indiqué en trait pointillé à la sortie de l'adaptateur d'impédance 10 à la figure 3. Enfin, selon une troisième variante, le circuit de mesure de courant CI est supprimé, et la tension de sortie  $U_H$  de la sonde à effet Hall SH est directement appliquée au convertisseur CA1. Selon les trois variantes précitées, le circuit de mesure de courant CI est isolé galvaniquement du circuit de puissance incluant notamment l'accumulateur At et le générateur auxiliaire G par la sonde à effet Hall SH.

Afin d'isoler complètement le circuit d'acquisition de mesure et de commande incluant les circuits CI, CV et MC du circuit de puissance comprenant notamment l'accumulateur At et le



générateur auxiliaire G, la commande des interrupteurs MOS IC1, IC2, ID1 et ID2 par le microcontrôleur MC est de préférence isolée galvaniquement. Le dispositif D comprend à cet effet

5 un premier circuit d'isolation ISc isolant galvaniquement le microcontrôleur des interrupteurs de charge IC1 et IC2, et un second circuit d'isolation ISd isolant galvaniquement le microcontrôleur des interrupteurs de décharge ID1 et

10 ID2. Dans chacun des circuits d'isolation ISc et ISd, par exemple, un transformateur isole un circuit d'amplification et de mise en forme d'impulsion relié au microcontrôleur et deux circuits d'amplification reliés chacun à un interrupteur MOS.

15

Selon une seconde réalisation du dispositif de mesure de l'état de charge d'un accumulateur, seulement des impulsions de charge sont considérées. Dans ce cas, les branches latérales B1-B4 et B2-B3 du

20 circuit en pont CP sont supprimées, ainsi que l'un des interrupteurs de charge IC1 et IC2. Les impulsions de courant de charge sont appliquées par le générateur auxiliaire G à l'aide de l'interrupteur de charge restant IC1 ou IC2 commandé par le signal

25 SC délivré par le microcontrôleur MC.

Le procédé de mesure de l'état de charge d'un accumulateur selon l'invention est maintenant détaillé en référence aux figures 4A, 4B et 5.

30 La figure 4A est un chronogramme des signaux logiques de commande de charge SC et de décharge SD. Initialement, ces signaux sont à l'état "0". En réponse à une impulsion extérieure de déclenchement de test DT appliquée au microcontrôleur MC, le signal

35 de commande de décharge SD est mis à "1" à un premier

instant  $t_0$  afin de déclencher une impulsion de  
décharge de courant constant  $I = I_0$  dans  
l'accumulateur At. L'impulsion de décharge est  
terminée à un second instant  $t_1$  tel que  $t_1 - t_0 = 480$   
5 ms. Le signal SD est alors remis à "0". A un  
troisième instant  $t_2$  choisi tel que  $(t_2 - t_1)$  soit  
sensiblement égal à  $(t_1 - t_0)$ , le signal de commande  
de charge SC est mis à "1" de manière à déclencher  
une impulsion de charge de courant constant  $I$  dans  
10 l'accumulateur At. L'impulsion de charge dure jusqu'à  
un quatrième instant  $t_3$  également espacé de 480 ms du  
troisième instant  $t_2$ .

Ainsi, à chaque impulsion de déclenchement de  
test DT, le microcontrôleur MC démarre un cycle  
15 comprenant une impulsion de décharge suivie par une  
impulsion de charge. Des mesures du courant  $I$   
traversant l'accumulateur At et de la tension  $U_t$  aux  
bornes de ce dernier sont acquises pendant les  
impulsions de décharge et charge. A la fin du cycle  
20 des calculs d'admittances sont effectués par le  
microcontrôleur afin de déterminer l'état de charge  
de l'accumulateur.

La figure 4B montre, à titre d'exemple, un  
chronogramme de la variation de tension  $\Delta U_t$  de la  
25 tension  $U_t$  aux bornes de l'accumulateur lors des  
impulsions de décharge et charge précitées.

La figure 5 représente l'algorithme de mesure  
d'état de charge mis en oeuvre par le microcontrôleur  
MC. A une première étape E1, le microcontrôleur est  
30 en état de veille, en attente d'une impulsion de  
déclenchement de test DT. Dès qu'une impulsion DT  
active le microcontrôleur, une impulsion de décharge  
est produite par la mise à "1" du signal de commande  
de décharge SD à une étape suivante E2 à l'instant  
35  $t_0$ . A une étape E3, une mesure du courant  $I$

traversant l'accumulateur At est effectuée à un instant  $t_{id}$  compris entre  $t_0$  et  $t_1$ , c'est-à-dire pendant la durée d'impulsion de décharge. Typiquement  $t_{id}$  est égal à la moyenne de  $t_0$  et  $t_1$ . La mesure du courant I est obtenue par l'acquisition du signal numérique  $V_I$  sortant du convertisseur analogique-numérique CA1. A une étape E4, la tension  $U_t$  aux bornes de l'accumulateur est mesurée à un instant  $t_{1-}$  précédant juste l'instant de fin d'impulsion de décharge  $t_1$ . Typiquement,  $t_{1-}$  est égal à  $(t_1 - 2 \text{ ms})$ . La mesure de la tension  $U_t$  est obtenue par l'acquisition du signal numérique  $V_U$  en sortie du convertisseur analogique-numérique CA2. L'impulsion de décharge est arrêtée par la remise à "0" du signal SD à une étape suivante E5 à l'instant  $t_1$ . Une période de repos est établie depuis l'instant  $t_1$  jusqu'à l'instant  $t_2$ , au cours de laquelle les signaux SC et SD sont à "0" et aucune mesure n'est acquise.

A une étape E6, une impulsion de charge est produite par la mise à "1" du signal de commande de charge SC à l'instant  $t_2$ . Une mesure de courant est réalisée à une étape suivante E7, à un instant  $t_{ic}$  compris entre  $t_2$  et  $t_3$ . De préférence  $t_{ic}$  est égal à la moyenne des instants  $t_2$  et  $t_3$ . A une étape E8, la tension  $U_t$  aux bornes de l'accumulateur est mesurée à un instant  $t_{3-}$  précédant immédiatement l'instant de fin d'impulsion de charge  $t_3$ . L'instant  $t_{3-}$  est par exemple égal à  $(t_3 - 2 \text{ ms})$ . A une étape E9, le signal de commande de charge SC est remis à "0" et l'impulsion de charge est arrêtée à l'instant  $t_3$ . Le cycle d'acquisition de mesures est alors terminé.

Au cours d'une dernière étape E10, des admittances de l'accumulateur sont calculées pour la décharge et la charge à partir des valeurs de courant

et tension mesurées aux étapes E3, E4, E7 et E8. A l'admittance correspondant à la décharge sont associées parfois deux valeurs d'état de charge dans la courbe Cdch décrivant l'admittance lors d'une  
5 décharge en fonction de l'état de charge représentée à la figure 1. De même deux valeurs d'état de charge distinctes peuvent se présenter pour la valeur d'admittance à la charge. L'utilisation des courbes d'admittance pour à la fois la décharge et la charge  
10 permet de lever l'ambiguïté sur l'état de charge et d'évaluer ce dernier précisément quelle que soit sa valeur. La valeur de l'état de charge est affichée à l'étape E10 par un afficheur AF relié au microcontrôleur MC dans le dispositif D.

15 Selon une première variante de l'algorithme montré à la figure 5, ce dernier comprend en outre une étape E23 intercalée entre les étapes E2 et E3. Au cours de l'étape E23, la tension aux bornes de l'accumulateur est mesurée à un instant  $t_0+$  suivant  
20 immédiatement l'instant de début d'impulsion de décharge  $t_0$ , c'est-à-dire égal à  $(t_0 + 2 \text{ ms})$  par exemple. Une étape E34 est également prévue entre les étapes E3 et E4 pour mesurer la tension aux bornes de l'accumulateur à un instant  $t_{ud}$  proche de la moyenne  
25 des instants  $t_0$  et  $t_1$ , et typiquement égal à  $t_0 + 300 \text{ ms}$ . Les étapes additionnelles E23 et E34 ne sont pas nécessaires à l'établissement des admittances et de l'état de charge, mais servent à vérifier  
30 expérimentalement l'allure de la courbe de réponse en tension de l'accumulateur à une impulsion de courant de décharge constante, montrée à la figure 4B.

Selon une seconde variante, qui peut être combinée à la première variante, l'algorithme inclut une étape E67 intercalée entre les étapes E6 et E7,  
35 et une étape E78 mise en oeuvre entre les étapes E7

et E8. L'étape E67 consiste à acquérir une mesure de la tension aux bornes de l'accumulateur à un instant  $t2+$  suivant immédiatement l'instant  $t2$ , et égal typiquement à  $(t2 + 2 \text{ ms})$ . Une autre valeur de tension est mesurée à l'étape E78 à un instant  $tuc$  proche de la moyenne entre  $t2$  et  $t3$ , et égal à  $(t2 + 300 \text{ ms})$ . Les étapes E67 et E78 jouent un rôle comparable à celui des étapes E23 et E34, relativement à la vérification expérimentale de l'allure de la courbe de réponse en tension de l'accumulateur à une impulsion de courant de charge constant.

Selon une troisième variante, correspondant à la seconde réalisation de dispositif précédemment décrite, l'algorithme mis en oeuvre par le microcontrôleur est seulement constitué par les étapes E1 et E6 à E10. Seule l'impulsion de courant de charge est alors considérée, et l'étape E10 détermine l'état de charge de l'accumulateur de préférence pour des états de charge élevés, c'est-à-dire supérieurs à 60 % pour un accumulateur de type nickel-cadmium, comme expliqué dans le préambule de la description. Les étapes E67 et E78 peuvent être utilisées dans la troisième variante, de la même manière que dans la seconde variante.

**REVENDICATIONS**

1 - Procédé de mesure de l'état de charge d'un accumulateur (At) caractérisé en ce qu'il comprend  
5 les étapes successives suivantes :

- appliquer (E6) une impulsion de courant de charge constant audit accumulateur, et
- mesurer (E8) la tension ( $U_t$ ) aux bornes dudit accumulateur à au moins un instant prédéterminé ( $t_3$ -)  
10 pendant ladite impulsion de courant de charge.

2 - Procédé conforme à la revendication 1, selon lequel ladite étape (E8) de mesurer la tension aux bornes de l'accumulateur pendant ladite impulsion de charge est effectuée à un instant ( $t_3$ -) précédant  
15 immédiatement l'instant de fin ( $t_3$ ) de ladite impulsion de charge.

3 - Procédé conforme à la revendication 1 ou 2, comprenant une étape (E7) pour mesurer le courant (I) traversant l'accumulateur à un instant ( $t_c$ ) proche de la moyenne d'instants de début ( $t_2$ ) et de fin ( $t_3$ ) de ladite impulsion de charge.  
20

4 - Procédé conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 3, comprenant des étapes (E67, E78) pour mesurer la tension ( $U_t$ ) aux bornes de l'accumulateur à un instant ( $t_2$ +) suivant immédiatement l'instant de début ( $t_2$ ) de ladite  
25 impulsion de charge et à un instant ( $t_c$ ) proche de la moyenne d'instants de début ( $t_2$ ) et de fin ( $t_3$ ) de ladite impulsion de charge.  
30

5 - Procédé conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 4, comprenant en outre les étapes successives suivantes :

5 - appliquer (E2) une impulsion de courant de décharge constant audit accumulateur, et

- mesurer (E4) la tension ( $U_t$ ) aux bornes dudit accumulateur à au moins un instant prédéterminé ( $t_1$ -) pendant ladite impulsion de courant de décharge.

10 6 - Procédé conforme à la revendication 5, selon lequel ladite étape (E4) de mesurer la tension aux bornes de l'accumulateur pendant ladite impulsion de décharge est effectuée à un instant ( $t_1$ -) précédant immédiatement l'instant de fin ( $t_1$ ) de ladite  
15 impulsion de décharge.

7 - Procédé conforme à la revendication 5 ou 6, comprenant une étape (E3) pour mesurer le courant ( $I$ ) traversant l'accumulateur à un instant ( $t_{id}$ ) proche  
20 de la moyenne d'instant de début ( $t_0$ ) et de fin ( $t_1$ ) de ladite impulsion de décharge.

8 - Procédé conforme à l'une quelconque des revendications 5 à 7, comprenant des étapes (E23, E34)  
25 pour mesurer la tension ( $U_t$ ) aux bornes de l'accumulateur à un instant ( $t_0$ +) suivant immédiatement l'instant de début ( $t_0$ ) de ladite impulsion de décharge et à un instant ( $t_{ud}$ ) proche de la moyenne d'instant de début ( $t_0$ ) et de fin ( $t_1$ ) de  
30 ladite impulsion de décharge.

9 - Dispositif pour la mise en oeuvre du procédé conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 8, pour mesurer l'état de charge d'un accumulateur à

tester (At) au moyen d'un générateur auxiliaire (G), caractérisé en ce qu'il comprend

- un moyen (IC1 et/ou IC2) pour appliquer une impulsion de courant de charge audit accumulateur à partir dudit générateur auxiliaire (G),

- un moyen (SH,CR,T) pour réguler le courant (I) traversant l'accumulateur à une valeur constante (I0) de manière à imposer un courant constant à l'accumulateur pendant ladite impulsion de charge, et

- un moyen (CV,CA2,MC) pour mesurer la tension (Ut) aux bornes de l'accumulateur à au moins un instant prédéterminé (t3-) pendant ladite impulsion de charge.

10 - Dispositif conforme à la revendication 9, comprenant en outre un moyen (ID1,ID2) pour appliquer une impulsion de courant de décharge à l'accumulateur à partir dudit générateur auxiliaire (G), ledit moyen pour réguler (SH,CR,T) imposant un courant constant (I0) à l'accumulateur pendant ladite impulsion de décharge, et ledit moyen pour mesurer (CV,CA2,MC) mesurant ladite tension aux bornes de l'accumulateur à au moins un instant prédéterminé (t1-) pendant ladite impulsion de décharge.

11 - Dispositif conforme à la revendication 10, dans lequel ledit générateur auxiliaire (G) alimente un circuit en pont (CP) formé par quatre branches latérales et une branche diagonale, la branche diagonale comprenant ledit accumulateur (At), une première branche latérale (B1-B3) comprenant un premier interrupteur (IC1), une seconde branche latérale (B1-B4) comprenant un second interrupteur (ID1) et une résistance de décharge (Rd), une troisième branche latérale (B2-B4) comprenant un



troisième interrupteur (IC2) et une résistance de charge (Rc), et une quatrième branche latérale (B2-B3) comprenant un quatrième interrupteur\* (ID2), lesdites première et troisième branches latérales  
5 formant ledit moyen pour appliquer une impulsion de courant de charge à l'accumulateur (At) à partir dudit générateur auxiliaire (G) et étant traversées, avec ladite branche diagonale, par un courant (I) seulement pendant une impulsion de charge, lesdites  
10 seconde et quatrième branches latérales formant ledit moyen pour appliquer une impulsion de courant de décharge à l'accumulateur (At) à partir dudit générateur auxiliaire (G) et étant traversées, avec ladite branche diagonale, par un courant (I)  
15 seulement pendant une impulsion de décharge.

12 - Dispositif conforme à l'une quelconque des revendications 9 à 11, dans lequel ledit moyen pour réguler le courant traversant l'accumulateur comprend  
20 une sonde à effet Hall (SH) connectée en série avec l'accumulateur et produisant une tension de sortie ( $U_H$ ) dépendant dudit courant traversant l'accumulateur, un circuit de régulation (CR) recevant ladite tension de sortie ( $U_H$ ), et un  
25 transistor (T) connecté en série avec ledit générateur auxiliaire (G) et dont le courant de base est commandé par ledit circuit de régulation (CR) en réponse aux variations dudit courant traversant l'accumulateur.

30

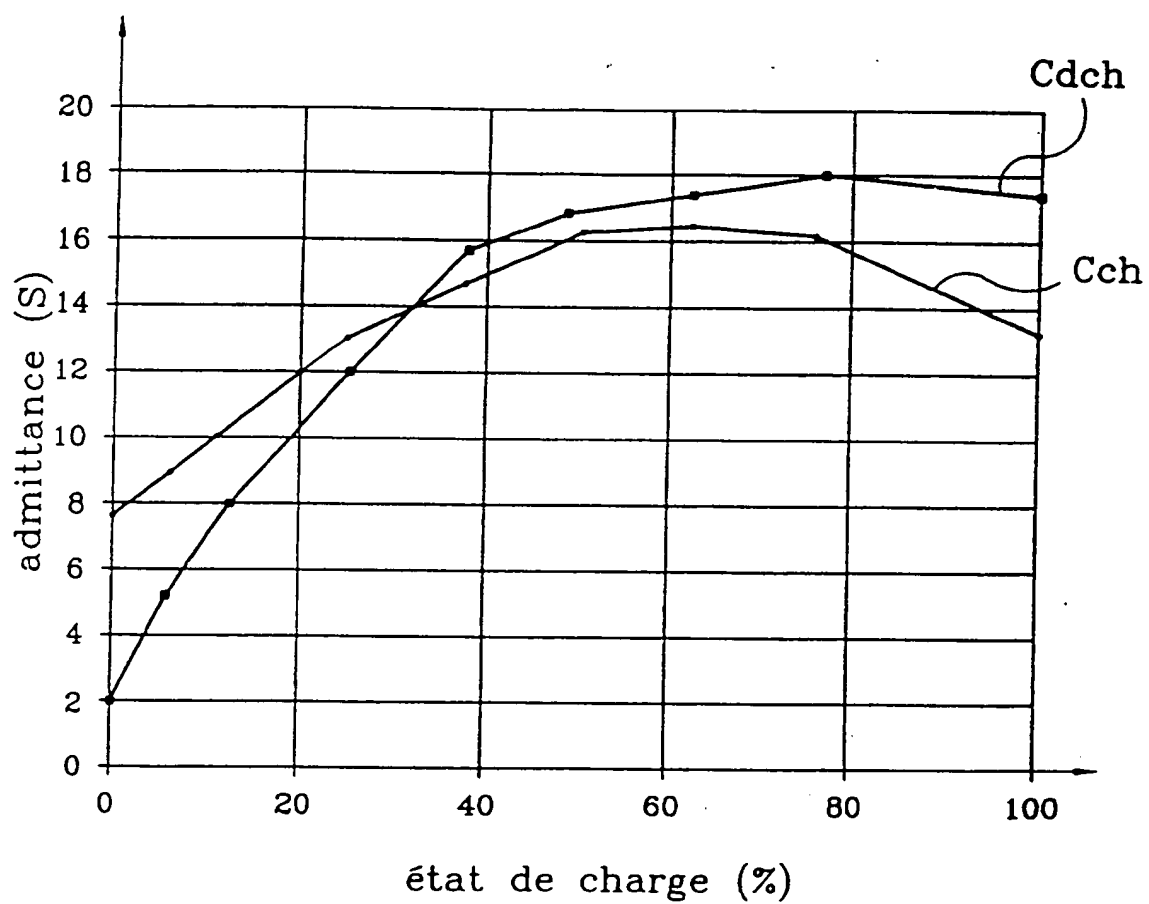
13 - Dispositif conforme à la revendication 12, dans lequel ledit circuit de régulation (CR) comprend en entrée un circuit redresseur (11) produisant une tension de sortie égale à la valeur absolue de la  
35 tension de sortie de ladite sonde à effet Hall (SH).

14 - Dispositif conforme à la revendication 12 ou 13, dans lequel ledit circuit de régulation (CR) comprend un isolateur opto-électronique (5).

5

15 - Dispositif conforme à l'une quelconque des revendications 9 à 14, dans lequel ledit moyen (CV) pour mesurer la tension ( $U_t$ ) aux bornes de l'accumulateur comprend au moins un isolateur opto-  
10 électronique (CV3).

16 - Dispositif conforme à l'une quelconque des revendications 9 à 15, comprenant un moyen (SH, CI), de préférence isolé galvaniquement dudit accumulateur  
15 (At) et dudit générateur auxiliaire (G), pour mesurer ledit courant (I) traversant l'accumulateur.

**FIG.1**

2/5

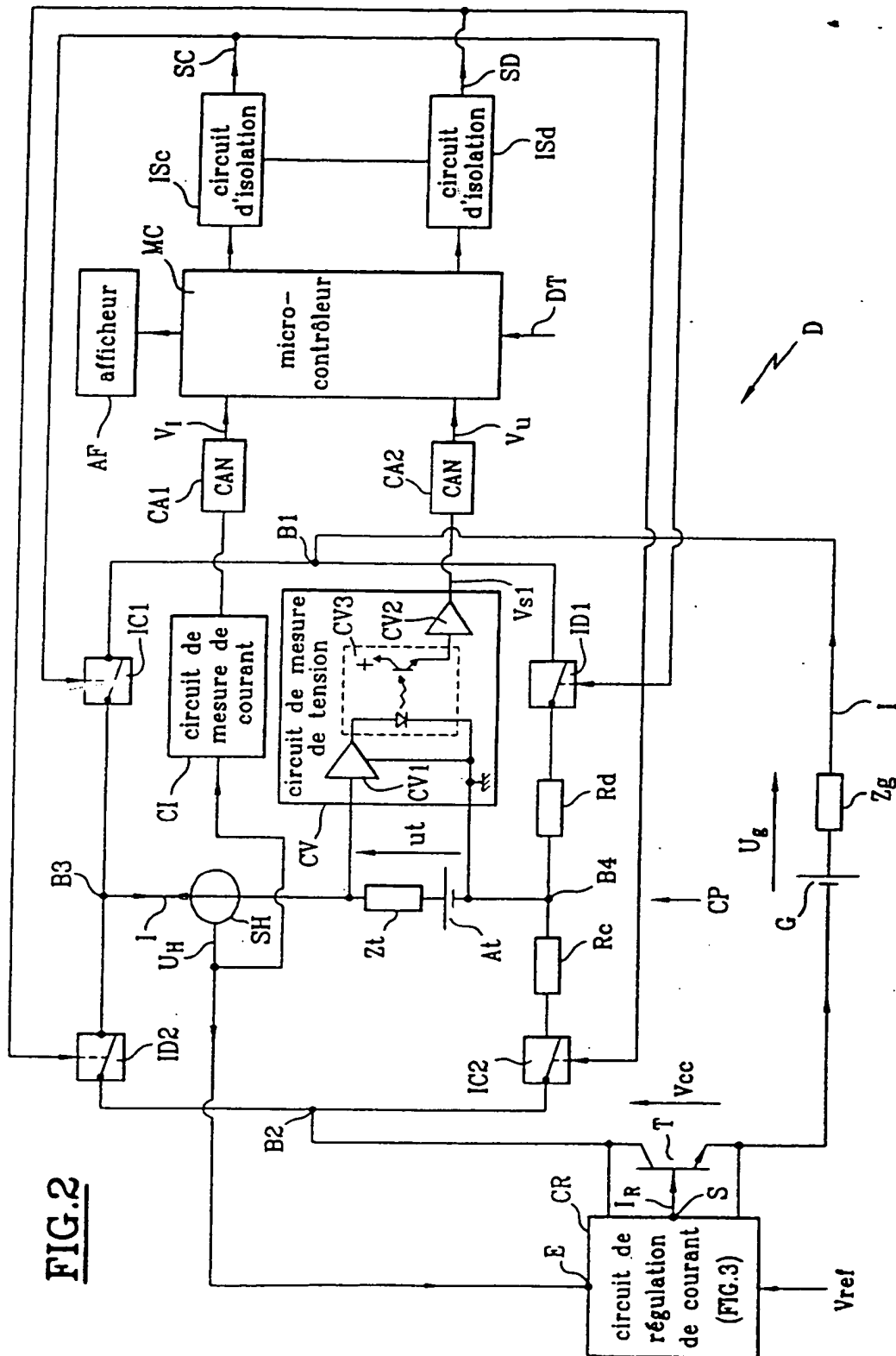
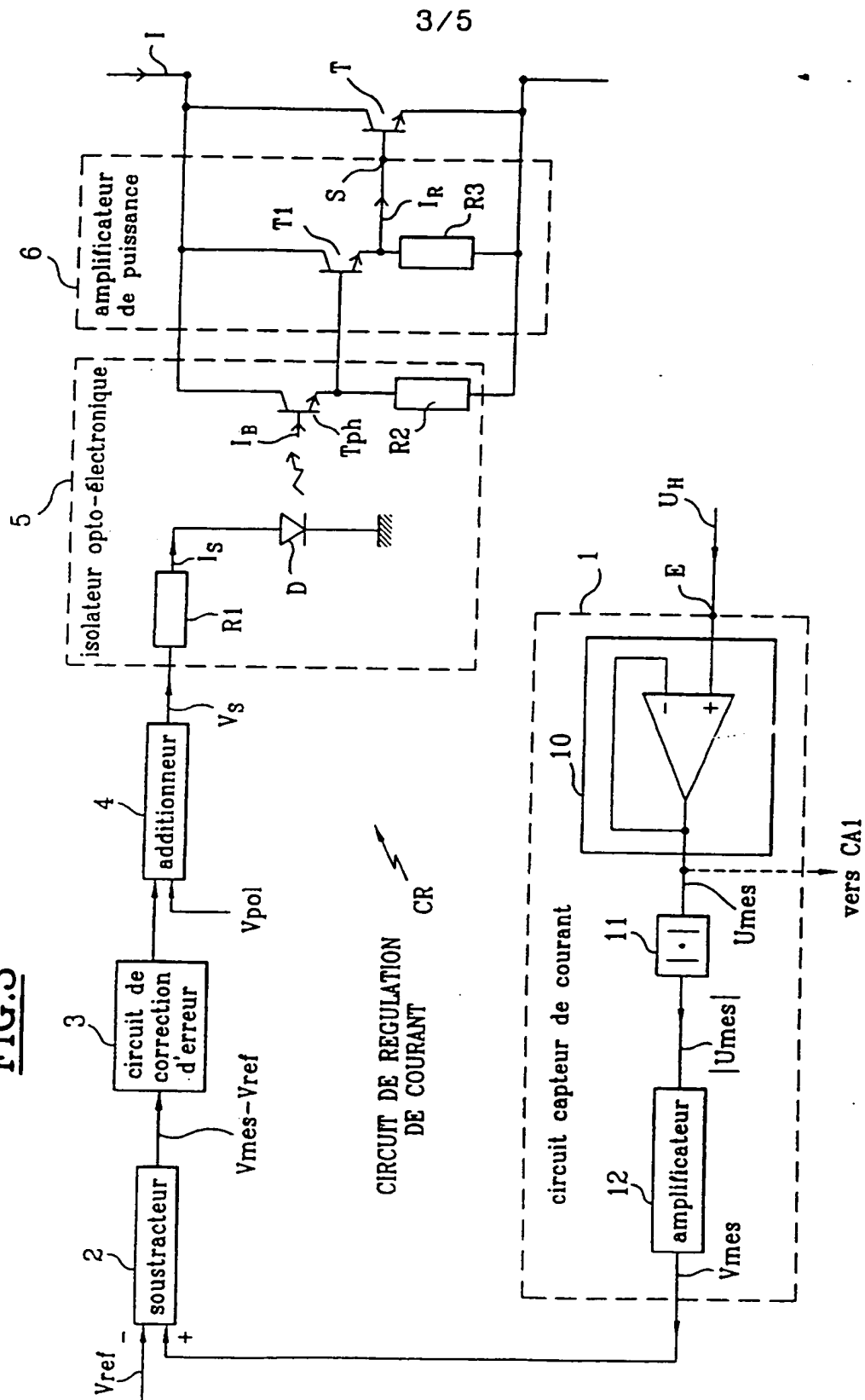
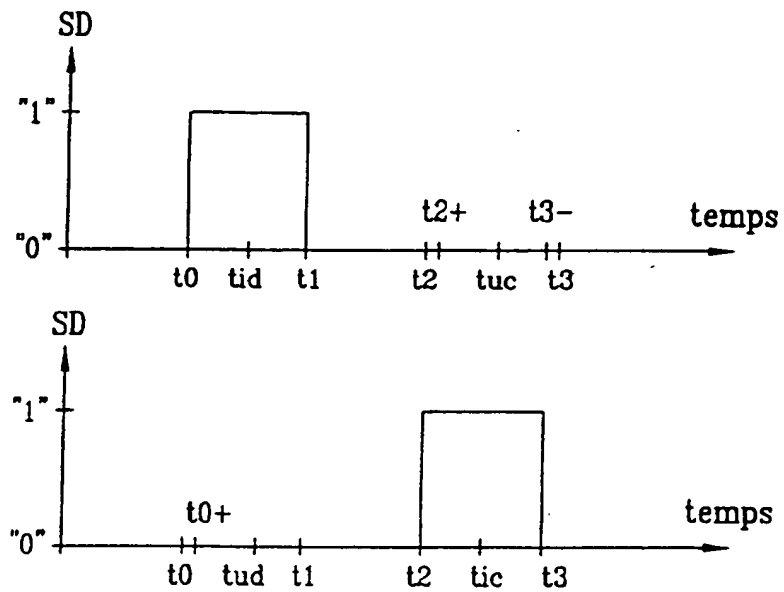


FIG.3



4/5

FIG.4AFIG.4B